

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Proses Pengelasan**

Pengelasan adalah kegiatan menyambungkan dua atau lebih bagian suatu benda dengan cara memanaskan, menekan atau menggabungkan keduanya sedemikian rupa sehingga menyambung menjadi satu benda utuh. Sambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambahan (Filler Metal) dengan titik lebur atau struktur yang sama atau berbeda. Proses mengelas banyak digunakan di berbagai segmen Industri Logam-Mekanik, rancang bangun dan perkapalan. Sektor-sektor ini membutuhkan pengenalan inovasi dan konsolidasi teknik pengelasan modern dan canggih [10].

Dalam industri manufaktur modern, kualitas pengelasan adalah salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan struktural dan kualitas produk secara komprehensif [11]. Prosedur pengelasan terlihat sangat sederhana, namun dalam prosesnya banyak masalah yang harus diatasi yang membutuhkan pengetahuan dan metode yang baik untuk mengatasinya.

Faktor yang memengaruhi pengelasan adalah tegangan sisa dan deformasi yang meliputi metode pengelasan, parameter pengelasan (arus pengelasan, tegangan busur, kecepatan pengelasan, dll). Pengelasan dapat menghasilkan tingkat tegangan sisa yang lebih tinggi dan distorsi pasca pengelasan. Oleh karena itu, arus pengelasan relatif kecil lebih disukai demi mengurangi stres dan distorsi pengelasan [12]. Distorsi adalah perubahan bentuk atau penyimpangan yang

disebabkan oleh panas, termasuk akibat dari proses pengelasan. Akibat pemanasan ini, pertumbuhan butir, peregangan dan penyusutan logam terjadi dengan cepat dan tidak seragam, sehingga terjadi perubahan bentuk dan ukuran (distorsi).[13].

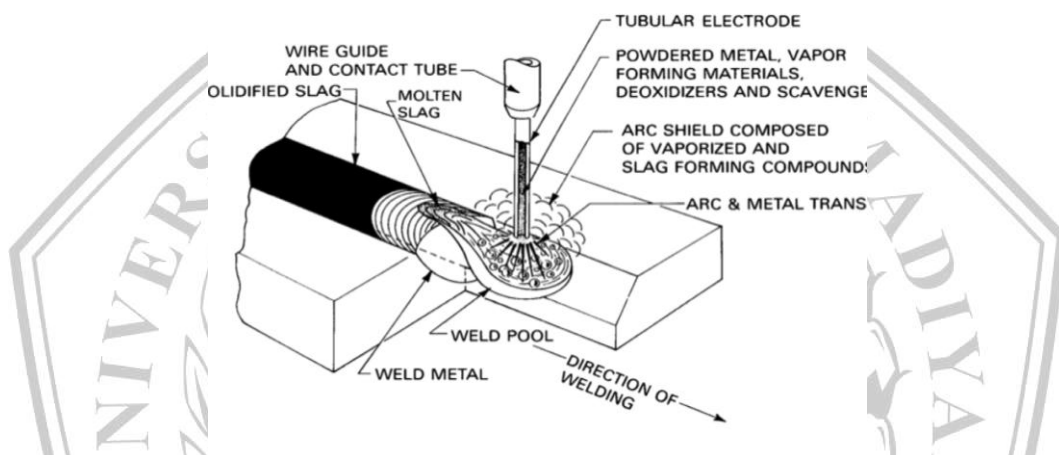
Adapun faktor lainnya adalah *Heat input*. *Heat input* pada las sangat memengaruhi struktur fase, ketangguhan, laju pendinginan serta distorsi. Input panas merupakan faktor penting dalam kontrol kualitas dalam pengelasan busur. Input panas ditafsirkan sebagai kombinasi dari kecepatan perjalanan pengelasan, dan arus dan tegangan yang diberikan. Jika tidak benar dipilih, input panas yang salah cenderung menghasilkan kualitas las yang lebih rendah dengan sifat mekanik yang buruk. Input panas tinggi dapat terjadi dalam pemisahan berlebihan dalam zona fusi dan mendorong butir kasar di HAZ [14] Hal ini merupakan karakter penting karena seperti pemanasan awal dan suhu interpass, input panas akan memengaruhi laju pendinginan yang mempengaruhi sifat mekanik dan struktur mikro dari las dan HAZ, dan akibatnya mempengaruhi distribusi tegangan residual pada objek [15].

Pada penelitian ini, proses pengelasan dilakukan guna untuk menguji struktur mikro pada material. Proses pengelasan dimulai dengan cara menggabungkan dua buah material yaitu ASTM A36 dengan penambahan fluks aktif berupa titanium dioksida. Adapun teknik pengelasan yang digunakan adalah pengelasan FCAW.

## 2.2 FCAW

Terdapat beberapa macam proses pengelasan, salah satunya Las FCAW. Las FCAW telah banyak digunakan dalam industri karena memberikan hasil las yang lebih baik dengan sifat mekanik dan metalurgi yang konsisten. pengelasan busur

fluks-cored (FCAW) lebih disukai karena pertimbangan efisiensi [16]. Beberapa cacat hasil las dan tingkat deposisi tinggi dapat dioperasikan dengan keterampilan marjinal. Sangat cocok untuk baja paduan ringan dan rendah, beberapa paduan nikel tinggi dan baja tahan karat. Baja tahan karat populer digunakan di industri karena ketahanannya terhadap korosi. Jenis baja dapat diidentifikasi berdasarkan struktur mikro dan fase kristal utama

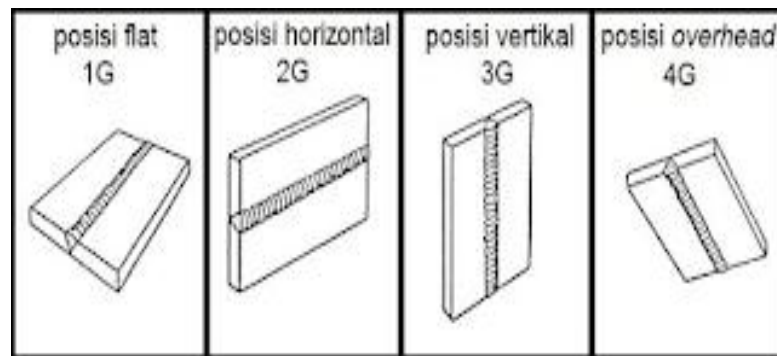


**Gambar 2.1** Skema Pengelasan FCAW

Posisi pengelasan dapat diartikan sebagai posisi seorang tukang las terhadap benda yang dilas. Secara umum posisi pengelasan dibedakan berdasarkan posisi material, jalur pengelasan, elektroda dan tukang las. Dalam informasi berikut, jenis posisi dan gambar pengelasan akan disebutkan.

1. Posisinya di bawah tangan 1G
2. Posisi mendatar 2G
3. Posisi tegak 3G

#### 4. Posisinya di atas kepala 4G



**Gambar 2.2** Posisi Pengelasan Proses

#### 2.2.1 Kelebihan dan Kekurangan Las FCAW

Las Flux-Cored Arc Welding terbagi menjadi 2 metode yaitu:

1. Pelindung Gas FCAW-G
2. Pelindung Diri FCAW-SS

Kedua metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing yang diuraikan sebagai berikut.

- Kelebihan las FCAW-G adalah sebagai berikut :
  - a. Penetrasi dalam dan rasio pengisian lebih tinggi dibandingkan dengan proses SMAW. Ini membuat pengelasan lebih ekonomis.
  - b. Elemen paduan dapat ditambahkan ke inti fluks untuk menciptakan variasi komposisi yang lebih luas, termasuk beberapa paduan rendah dan baja tahan karat.
  - c. Fluks memberikan perlindungan yang sangat baik ke kawah las dengan membentuk selubung gas pelindung dan terak.
  - d. Cocok untuk semua pengelasan di semua posisi tanpa menyebabkan masalah kurangnya fusi seperti yang ditemukan pada sirkuit pendek GMAW.

Kelemahan las FCAW-G adalah sebagai berikut:

- a. Membentuk lapisan terak yang harus dibuang di antara lapisan las
  - b. Logam pengisi harus dibeli dari produsen elektroda yang dilengkapi dengan persyaratan hidrogen rendah.
  - c. Las FCAW-G bukan merupakan proses low hydrogen
  - d. Proses pengelasan FCAW-G sebaiknya tidak dilakukan jika kecepatan angin melebihi 5 mph karena terdapat resiko porositas yang berlebihan
  - e. Proses pengelasan FCAW-G menghasilkan lebih banyak asap dari pada kawat solid GMAW
- Kelebihan las FCAW-SS sebagai berikut:
    - a. Filler metal menghilangkan kebutuhan akan gas pelindung luar dan mentolerir kondisi angin yang lebih kuat tanpa menyebabkan porositas.
    - b. Dapat digunakan untuk pengelasan dari satu sisi, pada sambungan T-Y-K seperti struktur platform lepas pantai untuk menggantikan elektroda tertutup.
    - c. Dapat digunakan untuk mengelas bahan tebal, saluran pipa dan pelapis.

Kelemahan las FCAW-SS sebagai berikut:

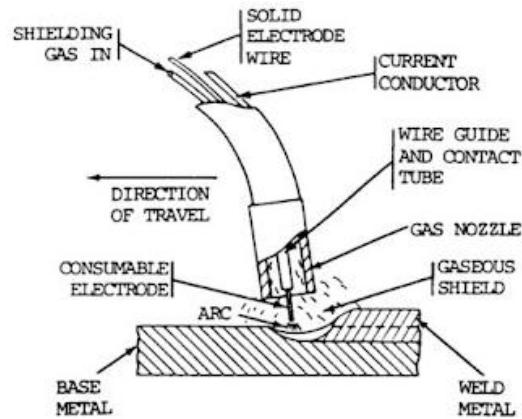
- a. Membentuk lapisan terak yang harus dibuang di antara lapisan las.
- b. Logam pengisi harus dibeli dari produsen elektroda yang dilengkapi dengan persyaratan hidrogen rendah.
- c. Las FCAW-SS bukan merupakan proses low hydrogen.
- d. Kabel FCAW-SS menghasilkan lebih banyak asap, tingkat asap pada baja tahan karat FCAW-SS atau kabel FCAW-G padat hampir sama dengan elektroda stik, dan lebih rendah dari kawat baja karbon berpelindung diri.

- e. Pengelasan yang dilakukan dengan kabel FCAW-SS membutuhkan kontrol ketat terhadap ketebalan dan lebar manik dan elektroda lengket untuk sifat ketangguhan tinggi.

Penelitian ini menggunakan pengelasan Flux Cored Arc Welding dikarenakan memberikan hasil las yang lebih baik dengan sifat mekanik dan metalurgi yang konsisten. Selain itu, pengelasan FCAW dapat digunakan untuk baja paduan ringan dan rendah, sesuai dengan material yang digunakan pada penelitian ini (ASTM A36). Di samping itu, proses pengelasan FCAW mudah di aplikasikan serta fleksibel untuk digunakan pada semua posisi pengelasan.

### **2.2.2 Prinsip Kerja Mesin FCAW**

Prinsip kerja las FCAW adalah dengan memasok filler elektroda secara mekanis terus ke dalam busur listrik yang terbentuk di antara ujung filler elektroda dan metal induk. Pengelasan ini biasanya menggunakan gas pelindung tambahan untuk menghindari kontaminasi dengan udara di sekitar area pengelasan. Secara umum, gas yang digunakan adalah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) sebagai gas pelindung dan juga dapat menggunakan campuran gas lainnya seperti argon [17]. Berikut merupakan prinsip kerja las FCAW.



**Gambar 2.3** Prinsip Kerja Las FCAW

Adapun komponen Las FCAW yang juga digunakan pada penelitian ini, akan dijabarkan sebagai berikut.

1. Silinder Gas pelindung CO<sub>2</sub>

Merupakan tabung/wadah yang digunakan sebagai pelindung gas karbondioksida

2. Pengatur aliran/regulator

Regulator pada gas CO<sub>2</sub> berbeda dengan tabung gas pada umumnya karena pada bagian belakang regulator terdapat oven untuk memanaskan gas CO<sub>2</sub> karena gas CO<sub>2</sub> bersifat dingin, jika tidak dipanaskan maka akan terjadi penyumbatan pada saluran gas buang.

3. Selang Gas CO<sub>2</sub>

Selang gas CO<sub>2</sub> merupakan alat penyalur gas CO<sub>2</sub> ke mesin.

4. Pistol gun

Berfungsi sebagai alat penyalur gas buang dan kawat kawat ke benda kerja dan sebagai konduktor massa.

5. Kotak kontrol

Digunakan untuk mengatur posisi ,kecepatan, ukuran ayunan ,kecepatan pistol gun pada saat bekerja.

6. Kawat las

Kawat las pada mesin FCAW berbeda dengan kawat pada umumnya karena kawat las pada FCAW memiliki lapisan pelindung yang melindungi lasan dari kontaminasi udara luar

7. Sistem kontrol

Adalah mesin yang digunakan untuk mengatur aliran mesin FCAW secara otomatis.

8. Kabel listrik

Adalah kabel yang menghubungkan mesin dan daya..

9. Transformator

Digunakan untuk mengubah arus tegangan pada catu daya untuk menggerakkan motor di kotak kontrol.

10. Rel

Digunakan sebagaiudukan kotak kontrol sehingga dapat dilakukan pengelasan jarak jauh.



### **2.2.3 Pengaplikasian FCAW**

FCAW dapat di pakai dalam dunia industri ,dalam pengaplikasian nya Flux Cored Arc Welding digunakan di sekitar bangunan, jembatan, dan kapal. Oleh karena itu, logam yang dilas dengan las busur fluks perlu memiliki kekuatan tinggi dan sifat tahan korosi. Untuk mendapatkan hasil las yang baik maka di perlukan memakai metode pengelasan arus searah dan elektroda positif . Pilihan elektroda memang memainkan peran utama dalam kinerja pengelasan, Elemen-elemen ini hanya membentuk lapisan terak yang membangun lapisan pelindung terhadap polusi atmosfer dan juga meningkatkan bentuk dan kekuatan las [18].

### **2.3 Kawat Elektroda**

Elektroda merupakan salah satu elemen penting yang dibutuhkan dalam proses pengelasan. Hal ini dikarenakan komposisi kimia yang terdapat pada elektroda sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Jenis elektroda berbeda-beda, tapi tujuannya tetap untuk mendapatkan pengelasan yang memenuhi standar. Berikut adalah komposisi kimia dari elektroda yang dijelaskan pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Komposisi Elektroda berdasarkan AWS A5.20 [13]

| Weld Metal Chemical Composition Requirements for Classification to A5.20/A5.20M |                              |                            |                               |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------------|
| AWS A5.20<br>Classification                                                     | AWS A5.20M<br>Classification | UNS<br>Number <sup>a</sup> | Weight Percent <sup>b,c</sup> |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   |                            |
|                                                                                 |                              |                            | C                             | Mn   | Si   | S    | P    | Cr <sup>d</sup> | Ni <sup>d</sup> | Mo <sup>d</sup> | V <sup>d</sup> | Al <sup>d,e</sup> | Cu <sup>d</sup>            |
| E7XT-1C, -1M                                                                    | E49XT-1C, -1M                | W07601                     | 0.12                          | 1.75 | 0.90 | 0.03 | 0.03 | 0.20            | 0.50            | 0.30            | 0.08           | —                 | 0.35                       |
| E7XT-5C, -5M                                                                    | E49XT-5C, -5M                | W07605                     |                               |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   |                            |
| E7XT-9C, -9M                                                                    | E49XT-9C, -9M                | W07609                     |                               |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   |                            |
| E7XT-4                                                                          | E49XT-4                      | W07604                     | 0.30                          | 1.75 | 0.60 | 0.03 | 0.03 | 0.20            | 0.50            | 0.30            | 0.08           | 1.8               | 0.35                       |
| E7XT-6                                                                          | E49XT-6                      | W07606                     |                               |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   |                            |
| E7XT-7                                                                          | E49XT-7                      | W07607                     |                               |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   |                            |
| E7XT-8                                                                          | E49XT-8                      | W07608                     |                               |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   |                            |
| E7XT-11                                                                         | E49XT-11                     | W07611                     |                               |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   |                            |
| E7XT-12C, -12M                                                                  | E49XT-12C, -12M              | W07612                     | 0.12                          | 1.60 | 0.90 | 0.03 | 0.03 | 0.20            | 0.50            | 0.30            | 0.08           | ---               | 0.35                       |
| EXXT-G                                                                          |                              | —                          | f                             | 1.75 | 0.90 | 0.03 | 0.03 | 0.20            | 0.50            | 0.30            | 0.08           | 1.8               | 0.35                       |
| E6XT-13                                                                         | E43XT-13                     | W06613                     |                               |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   | Not specified <sup>g</sup> |
| E7XT-2C, -2M                                                                    | E49XT-2C, -2M                | W07602                     |                               |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   |                            |
| E7XT-3                                                                          | E49XT-3                      | W07603                     |                               |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   |                            |
| E7XT-10                                                                         | E49XT-10                     | W07610                     |                               |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   |                            |
| E7XT-13                                                                         | E49XT-13                     | W07613                     |                               |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   |                            |
| E7XT-14                                                                         | E49XT-14                     | W07614                     |                               |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   |                            |
| EXXT-GS                                                                         |                              | —                          |                               |      |      |      |      |                 |                 |                 |                |                   |                            |

Penelitian ini menggunakan elektroda merujuk pada jurnal penelitian terdahulu. Elektroda dipilih dikarenakan memiliki kandungan senyawa kimia yang sama dengan material ASTM A36 yaitu karbon, mangan, silika, dan lainnya (dapat dilihat pada tabel 2.1). Adapun penggunaan kandungan yang sama diharapkan dapat memperkuat struktur mikro pada proses pengelasan.

## 2.4 Baja Karbon Rendah

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S dan Cu. Sifat baja karbon sangat bergantung pada kandungan karbon, oleh karena itu baja tersebut dikelompokkan berdasarkan kandungan karbonnya. Baja karbon rendah adalah baja dengan kandungan karbon kurang dari 0,30%, baja karbon sedang mengandung karbon 0,30 hingga 0,45% dan baja karbon tinggi mengandung karbon antara 0,45% dan 1,70%. Saat kandungan karbon meningkat,

kekuatan dan kekerasan juga meningkat tetapi pemanjangan menurun (wiryosumarto,2010).

Baja rendah karbohidrat, juga disebut baja ringan, banyak digunakan untuk konstruksi umum. Baja karbon ini selanjutnya dibagi menjadi kil, semi kiled dan rim steel, yang namanya didasarkan pada persyaratan deoksidasi, cara pembekuan dan sebaran rongga atau lubang halus pada igot. Klasifikasi baja

| Jenis dan Kelas    | Kadar karbon (%)                  | Kekuatan luluh (kg/mm <sup>2</sup> ) | Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> ) | Perpanjangan (%) | Kekerasan Brinell | Penggunaan                  |
|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|
| Baja karbon rendah | ↑Baja lunak khusus<br>0,08        | 18–28                                | 32–36                                | 40–30            | 95–100            | pelat tipis                 |
|                    | Baja sangat lunak<br>0,08–0,12    | 20–29                                | 36–42                                | 40–30            | 80–120            | batang, kawat               |
|                    | Baja lunak<br>0,12–0,20           | 22–30                                | 38–48                                | 36–24            | 100–130           | Konstruksi umum.            |
|                    | Baja setengah lunak<br>0,20–0,30  | 24–36                                | 44–55                                | 32–22            | 112–145           |                             |
| Baja karbon sedang | ↑Baja setengah keras<br>0,30–0,40 | 30–40                                | 50–60                                | 30–17            | 140–170           | Alat-alat mesin.            |
| Baja Karbon tinggi | ↓Baja keras<br>0,04–0,50          | 34–46                                | 58–70                                | 26–14            | 160–200           | Perkakas                    |
|                    | Baja sangat keras<br>0,50–0,80    | 36–47                                | 65–100                               | 20–11            | 180–235           | Rel, pegas, dan kawat piano |

menurut derajat deoksidasi dapat dilihat pada gambar berikut.

**Gambar 2.4** Klasifikasi baja karbon

Baja ASTM A36, atau baja *low carbon* digunakan karena menunjukkan kekuatan yang baik ditambah dengan sifat mampu bentuk. Pemilihan bahan untuk spesimen telah dilakukan setelah meninjau literatur [19]. ASTM A36 adalah baja struktural yang cukup fleksibel untuk digunakan dalam berbagai aplikasi struktural. Bahan ini memiliki sifat keuletan, kekuatan dan ketangguhan yang baik. Bahan ini termasuk dalam kelas struktural di *American Society of Testing Materials* sebagai bahan paling komersial di dunia karena penggunaannya dalam industri otomotif, penambangan minyak lepas pantai dan lainnya [20].

Baja karbon merupakan paduan dari sistem Fe dan C, biasanya dicampur dengan elemen inheren lainnya seperti silikon 0,20% - 0,70%, Mn 0,50% - 1,00%, P <0,60% dan S <0,06%. Menurut Saito (2000), baja karbon menurut komposisi kimianya dibedakan menjadi sebagai berikut: • Baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,05-0,3% (baja karbon rendah). Ini lunak dan mudah untuk mesin. Biasa digunakan untuk body mobil, bus dan lain-lain [21].

Baja karbon ASTM A36 yang termasuk dalam kategori baja karbon rendah, jenis baja karbon ini biasanya banyak digunakan dalam industri dan konstruksi. Berbeda dengan baja paduan yang ditambahkan paduan lain dalam konsentrasi tertentu untuk menaikkan sifat mekanik dan meningkatkan ketahanan korosi, baja ini hanya berisi karbon dan sedikit mangan serta pengotor. Baja ini memiliki sensitivitas yang rendah terhadap retak las jika dibandingkan dengan baja karbon jenis lain [22].

Penelitian ini menggunakan material ASTM A36 dikarenakan material bersifat mudah diberikan perlakuan panas, mudah ditemukan, dan fleksibel untuk diaplikasikan ke segala bidang. Selain itu, penggunaan material ASTM A36 pada penelitian ini merujuk pada penelitian terdahulu. Berdasarkan Pada penelitian sebelumnya diketahui bahwa Persentase karbon baja ASTM A-36 rendah. Gambar yang diambil selama uji metalografi menunjukkan titik ferit yang lebih ringan diedarkan dalam perlit hijau dan lebih gelap beredar merah, dan karakteristik ini ditemukan dalam baja yang belum mengalami perlakuan panas dan yang karbonnya rendah. Namun, adalah mungkin untuk menyimpulkan bahwa sampel yang dianalisis memiliki struktur mikro . pada

dasarnya dibentuk oleh perlite dan ferrite proeutetóide yang merupakan karakteristik baja karbon rendah [23]. Baja A36 setelah di uji teknik las menempa menunjukkan kekuatan baja A36 yang dilas secara konsisten di seluruh teknik yang digunakan yang mungkin menunjukkan bahwa keefektifan teknik tertentu mungkin lebih bergantung pada pengalaman dan praktik [24].

## 2.5 Flux Aktif $\text{TiO}_2$

$\text{TiO}_2$  ( *Titanium Deoksida* ) adalah salah satu oksida inorganik yang mana jika diterapkan pada pengelasan maka dapat mereduksi penyusupan hidrogen dan oksigen selama proses pengelasan dan juga dapat menurunkan jumlah void dan inklusi, selain itu  $\text{TiO}_2$  juga dapat menyebabkan terjadinya penurunan ukuran butir (*grain refinement*).  $\text{TiO}_2$  adalah salah satu yang paling penting digunakan dalam bahan teknik. Bahan berbasis titanium ini menawarkan kekuatan tinggi, ketahanan korosi dan oksidasi yang baik. Penggabungan nanopartikel dapat sangat meningkatkan sifat mekanik, Tribologis dan ketahanan korosi, ketahanan material matriks, karenanya dapat digunakan sebagai penguat untuk pembuatan nanokomposit. Sebagai perbandingan, pelat telah dilas dengan parameter pengelasan konstan dan tanpa menambahkan partikel nano [25].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya Para peneliti menerapkan fluks aktif pada pengelasan TIG proses, bubuk oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{CaO}$ ) diaplikasikan pada baja tahan karat tipe 304 melalui lapisan tipis fluks untuk menghasilkan manik-manik pelat las. Hasil percobaan

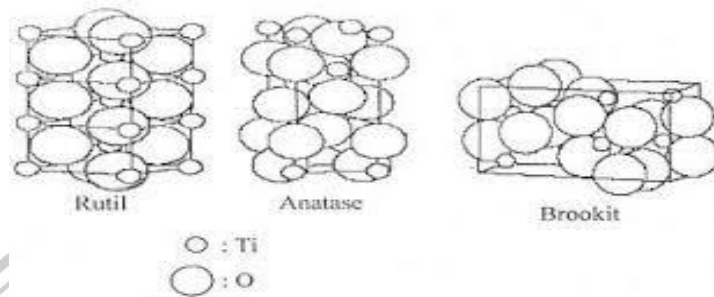
menunjukkan bahwa peningkatan penetrasi signifikan dengan penggunaan  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , dan  $\text{SiO}_2$

Penelitian sebelumnya Hasil percobaan menunjukkan bahwa profil lasan terkait dengan stabilitas termodinamika oksida yang dipilih dan dalam kaitannya dengan energi yang disediakan. ATIG dengan oksida  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}_2$  menghadirkan lasan terdalam diikuti oleh  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{ZnO}$ . Akhirnya  $\text{ZrO}_2$ , oksida  $\text{CaO}$  tidak berpengaruh pada kedalaman lasan. Sambungan las ATIG menunjukkan kekuatan tarik yang lebih baik daripada TIG. Pengukuran kekerasan ATIG yang dilakukan juga menunjukkan lebih baik jika tidak sama dengan las TIG kecuali untuk las Silicon oxide. Hasil uji dampak menunjukkan bahwa, kecuali untuk titanium dioksida  $\text{TiO}_2$  yang memiliki manfaat yang baik, pengelasan menggunakan fluks oksida lainnya menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap guncangan mendadak daripada pengelasan TIG [26].

$\text{TiO}_2$  adalah salah satu yang paling penting digunakan dalam bahan teknik. Bahan berbasis titanium ini menawarkan kekuatan tinggi, ketahanan korosi dan oksidasi yang baik. Penggabungan nanopartikel dapat sangat meningkatkan sifat mekanik, Tribologis dan ketahanan korosi, ketahanan material matriks, karenanya dapat digunakan sebagai penguat untuk pembuatan nanokomposit. Sebagai perbandingan, pelat telah dilas dengan parameter pengelasan konstan dan tanpa menambahkan partikel nano. Titanium dioksida, juga dikenal sebagai titanium (IV) oksida atau titania, adalah oksida titanium, dengan rumus molekul  $\text{TiO}_2$ . Memiliki berat molekul 79,90 g / mol; densitas 4,26 g /  $\text{cm}^{-3}$ ,  $\text{TiO}_2$  tidak menyerap cahaya tampak tetapi mampu menyerap radiasi UV sehingga dapat menimbulkan radikal hidroksil pada pigmen sebagai fotokatalis. terhidrasi

kemudian dikalsinasi pada suhu 800OC. TiO<sub>2</sub> merupakan material semikonduktor yang memiliki sifat optik baik dan memiliki nilai celah pita energi lebar 3,2 eV yang hanya aktif pada sinar ultraviolet.

diketahui bahwa TiO<sub>2</sub> mempunyai tiga fasa yaitu rutil, anatase, dan brookit.



**Gambar 2.5** Struktur TiO<sub>2</sub>

Perbedaan struktur kristal antara anatase dan rutil adalah distorsi dan susunan rantai oktahedron. Jarak Ti-Ti anatase lebih besar dari rutil yaitu 3,79 Å dan 3,04 Å, sedangkan rutil 3,57 Å dan 2,96 Å. Sedangkan jarak Ti-O anatase lebih pendek dari rutil yaitu 1,93 Å dan 1,98 Å pada anatase 1,95 Å dan 1,99 Å pada rutil. Perbedaan struktur kisi anatase dan rutil menyebabkan perbedaan kerapatan massa, luas permukaan, tapak aktif dan struktur pita elektronik antara anatase dan rutil dengan kerapatan anatase 3,9 g / cc dan untuk rutil 4,2 g / cc. (Stefanie Amni Pataya, 2016).

Adapun penelitian ini menggunakan penambahan fluks aktif TiO<sub>2</sub> untuk meminimalisir cacat pada pengelasan, akibat sambungan groove pada specimen yang kurang memadai, seperti diketahui bahwa TiO<sub>2</sub> menawarkan kekuatan tinggi, ketahanan korosi dan oksidasi yang baik, serta mempunyai penetrasi yang baik pada saat proses pengelasan.



## 2.6 Groove V 30°

Groove las merupakan bagian dari Logam Dasar yang akan diisi dengan logam las. Groove V banyak digunakan dalam sistem koneksi pada pelat tebal. Untuk pengelasan dengan groove V, pengelasan dilakukan pada satu sisi (single side) dengan urutan pengelasan mulai dari root (root), filling (filler), dan cover (capping). Hasil penyambungan logam melalui pengelasan harus menghasilkan sambungan yang berkualitas baik dari segi kekuatan maupun lapisan las dari material atau logam yang akan dilas, dimana untuk menghasilkan sambungan las yang berkualitas baik ujung / area maupun bagian logam yang akan dilas. lasan perlu diberi bentuk lasan tertentu.

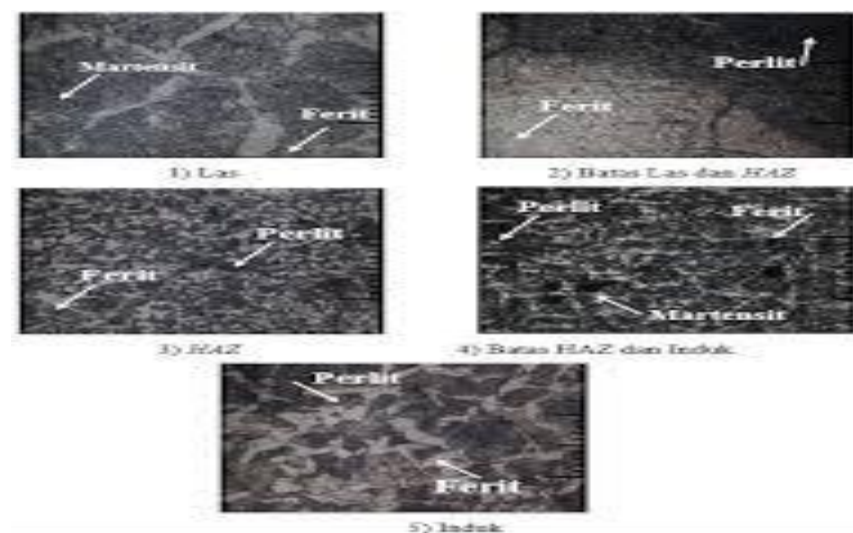
Jumlah lapisan yang akan dilas pada lapisan V ditentukan oleh ketebalannya pada sudut kemiringan 60 °. Pengelasan lapisan akar sebaiknya menggunakan alas (pondasi), agar penetrasi akar baik. Sambungan jahitan V digunakan untuk menyambung logam atau pelat dengan ketebalan 6-15 mm. Koneksi ini terdiri dari koneksi jahitan V terbuka dan koneksi V tertutup. Sambungan jahitan terbuka digunakan untuk menghubungkan pelat dengan ketebalan 6-15 mm dengan sudut jahitan antara 60 ° -80 °, jarak akar 2 mm, tinggi akar 1-2 mm ( Sonawan, 2004).

## 2.7 Uji SEM (Microstructure)

Pengujian mikro adalah pengujian struktur bahan melalui pembesaran menggunakan mikroskop metalografi khusus. Dengan pengujian mikrostruktur, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat



proses deformasi, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi. Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui dan membedakan struktur mikro antara logam induk, HAZ (Heat Affected Zone) dan logam las yang diberikan selama proses perlakuan panas. Sifat fisik logam dapat ditentukan melalui mikrostruktur yang diperoleh dari foto mikro. Struktur mikro dalam logam ditunjukkan oleh ukuran, bentuk dan orientasi butiran, jumlah fase, proporsi dan perilaku penyusunan atau distribusi butiran. Struktur mikro dari paduan tersebut bergantung pada beberapa faktor seperti unsur paduan, konsentrasi dan perlakuan panasnya [27].



**Gambar 2.6** Macam-macam struktur mikro

Secara umum, mikrostruktur baja bergantung pada kecepatan pendinginan dari temperatur area austenit hingga temperatur ruang. Karena perubahan struktur ini, sifat mekaniknya juga berubah. Adapun hubungan antara pengujian SEM dengan penelitian ini adalah Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui struktur mikro yang terdapat pada baja ASTM A36 yang telah diproses menggunakan

pengelasan FCAW. Selain itu, penambahan fluks aktif juga digunakan untuk mengetahui pengaruh mikrostruktur eksisting.

Pada penelitian yang telah dilakukan, untuk proses penambahan fluks aktif  $\text{TiO}_2$  pada material SA 210 *grade* A-1 proses pemberian atau penerapan *fluks aktif* yang akan dilakukan pengelasan dengan dilakukan pencampuran terlebih dahulu, yaitu dengan mencampurkan fluks  $\text{TiO}_2$  dengan aseton lalu di oleskan pada daerah yang akan dilakukan proses pengelasan [28].

